

日 本 国 特 許 庁
PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

JC952 U.S. PTO
09/753371
01/02/01

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日

Date of Application:

2000年 1月14日

出 願 番 号

Application Number:

特願2000-007095

出 願 人

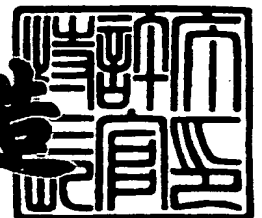
Applicant(s):

株式会社村田製作所

2000年11月10日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2000-3094694

【書類名】 特許願

【整理番号】 T3596

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G01C 19/56
G01P 9/04

【発明の名称】 角速度センサ

【請求項の数】 7

【発明者】
【住所又は居所】 京都府長岡京市天神二丁目 2 6 番 1 0 号 株式会社村田
製作所内

【氏名】 持田 洋一

【特許出願人】
【識別番号】 000006231
【氏名又は名称】 株式会社村田製作所

【代理人】
【識別番号】 100079441
【弁理士】
【氏名又は名称】 広瀬 和彦
【電話番号】 (03)3342-8971

【手数料の表示】
【予納台帳番号】 006862
【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】
【物件名】 明細書 1
【物件名】 図面 1
【物件名】 要約書 1
【包括委任状番号】 9004887

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 角速度センサ

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基板と、該基板上に設けられ該基板に加わる衝撃を減衰する衝撃減衰機構と、該衝撃減衰機構の内側に振動体支持梁を用いて互いに直交する 2 方向に変位可能に支持された振動体と、該振動体を前記 2 方向のうち基板と平行な振動方向に振動させる振動発生手段と、前記振動体が前記振動方向と直交する検出方向に変位するときに前記振動体の変位量を角速度として検出する角速度検出手段とを備え、前記衝撃減衰機構は、前記振動方向と検出方向のうち少なくとも 1 つの方向に沿った衝撃が前記基板から振動体に伝わるのを減衰する構成としてなる角速度センサ。

【請求項 2】 前記衝撃減衰機構は、前記基板に設けられた枠体支持梁と、該枠体支持梁によって前記基板に支持され前記振動方向と検出方向のうち少なくとも 1 つの方向に変位可能となった枠体とからなり、前記振動体は、前記枠体の内側に前記振動体支持梁を介して前記振動方向と検出方向の両方向に変位可能に支持する構成としてなる請求項 1 に記載の角速度センサ。

【請求項 3】 前記振動体、振動体支持梁および枠体が前記枠体支持梁を介して前記基板上で振動するときの全体共振周波数は、前記振動体が振動体支持梁を介して前記枠体内で振動するときの振動体共振周波数に対して $1/\sqrt{2}$ 倍以下の値に設定する構成としてなる請求項 2 に記載の角速度センサ。

【請求項 4】 前記基板には前記枠体の外側を取囲んで配置され前記枠体支持梁を介して枠体を支持する支持部を設け、該支持部と前記枠体との間には、前記枠体に変位するときに気体を圧縮する緩衝用隙間部を設けてなる請求項 2 または 3 に記載の角速度センサ。

【請求項 5】 前記振動体は前記基板に平行な振動方向と前記基板に垂直な検出方向とに変位可能に構成し、前記衝撃減衰機構は前記振動方向に対して前記基板から振動体に衝撃が伝わるのを減衰する構成としてなる請求項 1, 2, 3 または 4 に記載の角速度センサ。

【請求項 6】 前記振動体は前記基板と平行で互いに直交する振動方向と検出方向とに変位可能に構成し、前記衝撃減衰機構は前記振動方向と検出方向のうち少なくとも一方向に対して前記基板から振動体に衝撃が伝わるのを減衰する構成としてなる請求項 1, 2, 3 または 4 に記載の角速度センサ。

【請求項 7】 前記振動体、振動体支持梁および衝撃減衰機構は単結晶または多結晶のシリコン材料によって一体に形成してなる請求項 1, 2, 3, 4, 5 または 6 に記載の角速度センサ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、例えば回転体の角速度を検出するのに用いて好適な角速度センサに関する。

【0002】

【従来の技術】

一般に、角速度センサとしては、基板と、該基板に振動体支持梁を介して設けられ、互いに直交する 2 方向に変位可能となった振動体と、該振動体を前記 2 方向のうち基板と平行な一方向に振動させる振動発生手段と、前記振動体が前記 2 方向のうち他の方向に変位するときに前記振動体の変位量を角速度として検出する角速度検出手段とから構成されたものが知られている（例えば、特開平 1 1 - 3 2 5 9 1 5 号公報等）。

【0003】

この種の従来技術による角速度センサは、基板に対して平行な X 軸、Y 軸と垂直な Z 軸のうち、例えば振動体を X 軸方向に振動させた状態で、外部から Z 軸周りの角速度が加わると、振動体にコリオリ力（慣性力）が作用することにより、振動体は Y 軸方向に変位する。そして、角速度検出手段は、このコリオリ力による振動体の Y 軸方向への変位量を圧電体の出力値、静電容量等の変化として検出することにより、Z 軸周りに加わる角速度を検出するものである。

【0004】

また、従来技術では、基板上に振動体を取囲む枠状部材を設け、この枠状部材

が振動体支持梁を介して振動体を支持することにより、温度変化による振動体支持梁等の特性変化が振動体に与える影響を低減し、その振動状態を安定化して検出精度を向上させる構成としている。

【 0 0 0 5 】

【発明が解決しようとする課題】

ところで、上述した従来技術では、振動体をX軸方向に対して一定の振動状態に保持することにより、この振動体がコリオリ力によってY軸方向へと変位するときの変位量を角速度として検出する構成としている。

【 0 0 0 6 】

しかし、角速度センサには、その取付け対象となる回転体等から角速度が加わるだけでなく、回転体に加わる外力やその運動変化による慣性力等が衝撃となって加わることがあり、この衝撃は振動体支持梁等を介して振動体に作用する。

【 0 0 0 7 】

この場合、例えば衝撃の波形が振動体の共振周波数に近い振動を含んでいると、この衝撃により振動体が大きく共振して振動状態が不安定となったり、コリオリ力と無関係に検出方向へと変位することがある。

【 0 0 0 8 】

このため、従来技術では、外部からの衝撃が加わったときに、角速度に対する検出感度の変動、検出値の誤差等が生じ易くなり、センサとしての信頼性が低下するという問題がある。

【 0 0 0 9 】

また、従来技術では、基板上に振動体を支持する棒状部材を設ける構成としている。しかし、この棒状部材は、単に温度変化による影響を低減するための構造に過ぎず、基板から振動体に伝わる衝撃を減衰するものではない。

【 0 0 1 0 】

本発明は上述した従来技術の問題に鑑みなされたもので、本発明の目的は、基板から振動体に加わる衝撃を減衰でき、この衝撃が振動体に伝わるのを抑えて検出感度、検出精度等を安定化できると共に、信頼性を向上できるようにした角速度センサを提供することにある。

【 0 0 1 1 】

【課題を解決するための手段】

上述した課題を解決するために請求項 1 の発明は、基板と、該基板上に設けられ該基板に加わる衝撃を減衰する衝撃減衰機構と、該衝撃減衰機構の内側に振動体支持梁を用いて互いに直交する 2 方向に変位可能に支持された振動体と、該振動体を前記 2 方向のうち基板と平行な振動方向に振動させる振動発生手段と、前記振動体が前記振動方向と直交する検出方向に変位するときに前記振動体の変位量を角速度として検出する角速度検出手段とを備え、前記衝撃減衰機構は、前記振動方向と検出方向のうち少なくとも 1 つの方向に沿った衝撃が前記基板から振動体に伝わるのを減衰してなる構成を採用している。

【 0 0 1 2 】

このように構成することにより、振動体は、振動発生手段によって一定の振動方向へと振動した状態で基板に加わる角速度に応じて検出方向へと変位でき、角速度検出手段は、振動体の変位量を角速度として検出することができる。また、外部からの衝撃が基板に対し振動方向または検出方向に沿って加わる際には、この衝撃が衝撃減衰機構によって減衰される。この結果、振動体を衝撃に対してほぼ一定の振動状態に保持したり、振動体が衝撃によって検出方向に変位するのを防止することができる。

【 0 0 1 3 】

また、請求項 2 の発明によると、衝撃減衰機構は、前記基板に設けられた枠体支持梁と、該枠体支持梁によって前記基板に支持され前記振動方向と検出方向のうち少なくとも 1 つの方向に変位可能となった枠体とからなり、前記振動体は、前記枠体の内側に前記振動体支持梁を介して前記振動方向と検出方向の両方向に変位可能に支持する構成としている。

【 0 0 1 4 】

これにより、外部からの衝撃が基板に加わる際には、この衝撃を枠体支持梁と枠体とによって振動体の外側で減衰でき、この衝撃が振動体に伝わるのを抑制することができる。また、振動体は、振動体支持梁によって枠体内に支持された状態となるから、この状態で振動しつつ角速度に応じて変位することができる。

【0015】

また、請求項3の発明によると、振動体、振動体支持梁および枠体が前記枠体支持梁を介して前記基板上で振動するときの全体共振周波数は、前記振動体が振動体支持梁を介して前記枠体内で振動するときの振動体共振周波数に対して $1/\sqrt{2}$ 倍以下の値に設定する構成としている。

【0016】

これにより、振動体の共振周波数に近い振動波形をもつ衝撃が基板に加わる時には、振動体と振動体支持梁とを含めた枠体の全体部位が衝撃によって振動するのを小さく抑制でき、振動体に大きな影響を与える衝撃波形を特に減衰させることができる。

【0017】

さらに、請求項4の発明によると、基板には前記枠体の外側を取囲んで配置され前記枠体支持梁を介して枠体を支持する支持部を設け、該支持部と前記枠体との間には、前記枠体の変位するとき気体を圧縮する緩衝用隙間部を設ける構成としている。

【0018】

これにより、例えば角速度センサのパッケージ内に封入した空気等の気体を緩衝用隙間部内に存在させ、この気体にダンパ機能をもたせることができる。そして、外部から基板に衝撃が加わる時には、振動体と振動体支持梁とを含めた枠体の全体部位が衝撃によって振動すると、この枠体または枠体支持梁によって緩衝用隙間部内の気体が基板との間で圧縮されることにより、この気体がダンパとなって枠体の振動を減衰させることができる。

【0019】

また、請求項5の発明によると、振動体は前記基板に平行な振動方向と前記基板に垂直な検出方向とに変位可能に構成し、前記衝撃減衰機構は前記振動方向に対して前記基板から振動体に衝撃が伝わるのを減衰する構成としている。

【0020】

これにより、振動体を基板と平行な平面上で振動させつつ、この平面に垂直な検出方向へと角速度に応じて変位させることができ、衝撃減衰機構は、振動方向

に対して基板に加わる衝撃を減衰することができる。

【0021】

また、請求項6の発明によると、振動体は前記基板と平行で互いに直交する振動方向と検出方向とに変位可能に構成し、前記衝撃減衰機構は前記振動方向と検出方向のうち少なくとも一方向に対して前記基板から振動体に衝撃が伝わるのを減衰する構成としている。

【0022】

これにより、振動体を基板と平行な平面上で振動させつつ、この平面上で角速度に応じて検出方向に変位させることができ、衝撃減衰機構は、振動方向と検出方向のうち少なくとも一方向に対して基板に加わる衝撃を減衰することができる。

【0023】

さらに、請求項7の発明によると、振動体、振動体支持梁および衝撃減衰機構は単結晶または多結晶のシリコン材料によって一体に形成している。

【0024】

これにより、例えば単結晶または多結晶のシリコン材料にエッチング処理等の微細加工を施すことによって、振動体、振動体支持梁および衝撃減衰機構を同時に効率よく形成することができる。

【0025】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態による角速度センサを、図1ないし図6を参照して詳細に説明する。

【0026】

ここで、図1ないし図4は本発明による第1の実施の形態を示し、図中、1は角速度センサの本体をなす矩形状の基板で、該基板1は例えば高抵抗なシリコン材料、ガラス材料等によって形成されている。

【0027】

2は基板1上に固定的に設けられた支持部で、該支持部2は、図1、図2に示す如く、後述の枠体6、振動体9等を取囲んで延びた四角形の枠状に形成され、

その内側部位と後述の振動体 9 との間には衝撃減衰機構 3 が設けられている。

【0028】

3 は支持部 2 と振動体 9 との間に設けられた衝撃減衰機構で、該衝撃減衰機構 3 は、後述の杵体支持梁 4, 4, …と、杵体 6 とによって構成されている。

【0029】

4, 4, …は支持部 2 と杵体 6 との間に設けられた杵体支持梁で、該各杵体支持梁 4 はクランク状に屈曲した長尺な板状体として形成され、図 1 中の X 軸方向に対し杵体 6 を挟んで左、右両側に 2 個ずつ合計 4 個配置されている。そして、杵体支持梁 4 は、Y 軸方向に延設された例えば 2 個の延設部 4 A, 4 A と、該各延設部 4 A を折返した状態で接続する接続部 4 B とを含んで略コ字状に構成され、各延設部 4 A は、支持部 2 と杵体 6 との間に位置して X 軸方向の微小な緩衝用隙間部 5, 5, …を形成している。そして、これらの緩衝用隙間部 5 には、角速度センサのパッケージ（図示せず）内に封入された空気等の気体が存在し、各緩衝用隙間部 5 は、杵体 6 が X 軸方向へと変位するときに気体を圧縮する。

【0030】

6 は基板 1 と振動体 9 との間に設けられた杵体で、該杵体 6 は、図 1、図 2 に示す如く、後述の振動体支持梁 8, 8, …と振動体 9 とを取囲んで四角形状に延設され、各杵体支持梁 4 によって基板 1 の表面から離間した状態で X 軸方向に変位可能に支持されている。

【0031】

ここで、杵体 6、各振動体支持梁 8 および振動体 9 は、各杵体支持梁 4 によって X 軸方向に振動可能に支持された全体質量部 7 を構成し、該全体質量部 7 は、振動時の共振周波数として予め定められた全体共振周波数 ω_0 を有している。そして、この全体共振周波数 ω_0 は、例えば杵体 6 の質量や各杵体支持梁 4 のばね定数等を調整することによって設定され、後述の理由により振動体 9 の共振周波数 ω_1 に対して下記数 1 の式に示す関係となっている。

【0032】

【数 1】

$$\omega_0 \leq \frac{\omega_1}{\sqrt{2}}$$

【0033】

これにより、枠体 6 は、基板 1 に対して外部から X 軸方向に衝撃が加わったときに、この衝撃が基板 1 から振動体 9 に伝わるのを各枠体支持梁 4 と協働して効率よく減衰させるものである。

【0034】

8, 8, …は枠体 6 と振動体 9 との間に設けられた振動体支持梁で、該各振動体支持梁 8 は、図 1 中の Y 軸方向に延びて形成され、Y 軸方向に対して振動体 9 を挟んで前、後両側に 2 個ずつ合計 4 個配置されている。

【0035】

9 は基板 1 上に設けられた略四角形状の振動体で、該振動体 9 は、例えば単結晶または多結晶をなす低抵抗なシリコン材料等にエッチング加工等の微細加工を施すことにより、支持部 2、支持梁 4, 8、枠体 6 および後述の振動用固定部 10、電極 11, 12 と同時に形成されるものである。

【0036】

また、振動体 9 は、各振動体支持梁 8 によって基板 1 から離間した状態で X 軸方向および Z 軸方向に変位可能に支持され、振動時の共振周波数として予め定められた振動体共振周波数 ω_1 を有している。そして、振動体 9 は、後述の振動発生部 13 によって駆動されることにより、枠体 6 内で図 1 中の矢示 a 方向に振動し、X 軸方向を振動方向として共振周波数 ω_1 を保持した共振状態となる。

【0037】

10, 10 は基板 1 上に固定的に設けられた 2 個の振動用固定部で、該各振動用固定部 10 は、X 軸方向に離間して振動体 9 の左、右両側に配置されている。

【0038】

11, 11 は各振動用固定部 10 に設けられた固定側振動電極で、該各固定側振動電極 11 は、後述の可動側振動電極 12 に向けて突出した複数の電極板 11

A, 11A, ...を含んで構成されている。

【0039】

12, 12は振動体9の左, 右両側に設けられた可動側振動電極で、該各可動側振動電極12は、固定側振動電極11の各電極板11Aと噛合するように交互に配置された複数の電極板12A, 12A, ...を有し、これらの電極板11A, 12A間にはY軸方向の微小隙間が形成されている。また、各可動側振動電極12は振動体9の質量の一部を構成している。

【0040】

13, 13は振動発生手段としての左, 右の振動発生部で、該各振動発生部13は、固定側振動電極11と可動側振動電極12とによって構成されている。そして、左, 右の振動発生部13は、振動体9の共振周波数 ω_1 に対応した周波数をもって互いに逆位相となるパルス波、正弦波等の駆動信号が電極11, 12間に印加されることにより、振動体9に対して左方向または右方向への静電引力を交互に加え、振動体9を共振周波数 ω_1 でX軸方向に振動させる。

【0041】

14は角速度検出手段としての角速度検出部で、該角速度検出部14は、基板1上に設けられた固定側検出電極15と、該固定側検出電極15とZ軸方向の隙間を挟んで対向する振動体9とからなり、これらを一对の電極板とした平行平板コンデンサを構成している。

【0042】

そして、角速度検出部14は、Z軸方向を検出方向として、振動体9がZ軸方向に変位するときの変位量を振動体9と固定側検出電極15との間で静電容量の変化として検出し、Y軸周りに加わる角速度に応じた検出信号を出力する。

【0043】

本実施の形態による角速度センサは上述の如き構成を有するもので、次にその作動について説明する。

【0044】

まず、左, 右の振動発生部13にバイアス電圧と逆位相となる駆動信号が印加されると、振動体9は、各振動発生部13からX軸方向に沿って左側または右側

への静電引力を交互に受けるようになり、枠体 6 内で図 1 中の矢示 a 方向に共振周波数 ω_1 をもって振動する共振状態となる。

【0045】

そして、この共振状態で角速度センサに Y 軸周りの角速度 Ω が加わると、振動体 9 には、Z 軸方向に沿って下記数 2 の式に示すコリオリ力（慣性力）F が作用するため、振動体 9 はコリオリ力 F によって Z 軸方向に変位する。

【0046】

【数 2】

$$F = 2 m \Omega v$$

ただし、m : 振動体 9 の質量

Ω : Y 軸周りの角速度

v : 振動体 9 の X 軸方向の速度

【0047】

そして、振動体 9 が Z 軸方向に変位すると、その変位量に応じて振動体 9 と固定側検出電極 15 との間の隙間寸法が変化するので、角速度検出部 14 は、振動体 9 と固定側検出電極 15 との間の隙間寸法に応じた静電容量の変化を角速度として検出し、角速度 Ω に応じた検出信号を出力する。

【0048】

また、角速度センサに X 軸方向の衝撃が加わった場合には、基板 1 と振動体 9 との間に衝撃減衰機構 3 が介在しているので、その各枠体支持梁 4 と枠体 6 とによって衝撃が減衰され、後述のように振動体 9 への影響は抑制される。

【0049】

そこで、この衝撃の減衰動作について、図 3 に示す角速度センサの力学的モデルを用いて説明する。

【0050】

まず、基板 1 に加わる衝撃の波形は、振幅 A、周波数 ω 、変位 z、時間 t を用いて下記数 3 の式のように表されるものとする。

【0051】

【数 3】

$$z = A \sin(\omega t)$$

【0052】

また、基板1に前記数3の式による衝撃が加わるときには、この基板1と全体質量部7の運動方程式を下記数4の式のように表すことができる。

【0053】

【数4】

$$M\ddot{x} + C\dot{x} + kx = C\dot{z} + kz$$

ただし、M：全体質量部7の質量

C：各枠体支持梁4等による枠体6の振動への減衰係数

k：各枠体支持梁4全体のばね定数

A：基板1に加わる衝撃波形の振幅

x：全体質量部7の変位

【0054】

次に、この数4の式に示す運動方程式を解くことにより、基板1側の振幅Aに対する全体質量部7の最大変位（振幅） x_{\max} の振幅比率（ x_{\max}/A ）を求めると、図4に示すようになる。この場合、図4において、横軸は、全体質量部7の共振周波数 ω_0 に対する衝撃波形の周波数 ω の周波数比率（ ω/ω_0 ）を示し、また特性線（a），（b），（c），（d），（e）は、後述の如く減衰係数Cがそれぞれ異なる場合の振幅比率（ x_{\max}/A ）を示している。

【0055】

そして、図4から判るように、基板1に加わる衝撃波形の周波数 ω が全体質量部7の共振周波数 ω_0 よりも増大し、周波数比率（ ω/ω_0 ）が1よりも大きくなると、振幅比率（ x_{\max}/A ）は全ての特性線（a）～（e）において減少傾向となる。特に、周波数比率（ ω/ω_0 ）が $\sqrt{2}$ 以上の値となった場合には、全体質量部7の振幅 x_{\max} が大幅に減少し、振動体9に伝わる衝撃が効率よく減衰されるようになる。

【0056】

この結果、基板1に対して振動体9の共振周波数 ω_1 に近い振動波形をもった

衝撃が加わる場合でも、下記数 5 の式に示すように、この共振周波数 ω_1 と全体質量部 7 の共振周波数 ω_0 との周波数比率 (ω_1 / ω_0) が $\sqrt{2}$ 以上の値となるように予め設定しておくことによって、全体質量部 7 の振動 (振幅 x_{\max}) を小さく抑制することができる。

【0057】

【数 5】

$$\sqrt{2} \leq \frac{\omega_1}{\omega_0}$$

【0058】

従って、本実施の形態では、この数 5 の式を変形した前記数 1 の式に示すように、例えば枠体 6 の質量や各枠体支持梁 4 のばね定数等を調整することによって、周波数比率 (ω_1 / ω_0) を $\sqrt{2}$ 以上の値となるように予め設定しているので、共振周波数 ω_1 に近い周波数をもっているために振動体 9 に大きな影響を与える衝撃が基板 1 に加わる場合でも、この衝撃が振動体 9 に伝わるのを効率よく減衰できることが確認できた。

【0059】

一方、図 4 中の特性線 (a) ~ (e) は、各枠体支持梁 4 等による減衰係数 C を所定の臨界減衰係数 C_c に対して変化させた場合の振幅比率 (x_{\max} / A) を示している。この場合、例えば特性線 (b) のように減衰係数 C を小さく設定して係数比率 (C / C_c) を減少させると、周波数比率 (ω / ω_0) が $\sqrt{2}$ 以上となる周波数領域では、減衰係数 C が大きな他の特性線 (c) ~ (e) と比較して全体質量部 7 の振幅 x_{\max} をより効率よく減衰することができる。しかし、このとき周波数比率 (ω / ω_0) が $\sqrt{2}$ 未満となる周波数領域では、全体質量部 7 の振幅 x_{\max} が増大する。

【0060】

このため、本実施の形態では、基板 1 の支持部 2 と枠体 6 との間に微小な緩衝用隙間 5 を設け、この緩衝用隙間部 5 内の気体を用いたダンパ機能によって全体質量部 7 の減衰係数 C を適切に調整する構成としている。

【0061】

即ち、全体質量部 7 が衝撃によって X 軸方向に振動するときには、各緩衝用隙間部 5 内の気体が枠体 6 または各枠体支持梁 4 の延設部 4 A によって支持部 2 との間で圧縮されるため、この気体がダンパとなって全体質量部 7 の振動に適切な減衰係数 C が与えられるものである。

【 0 0 6 2 】

かくして、本実施の形態では、基板 1 と振動体 9 との間に衝撃減衰機構 3 を設ける構成としたので、基板 1 に対し振動体 9 の振動方向に沿って衝撃が加わるときには、この衝撃を衝撃減衰機構 3 によって確実に減衰でき、振動体 9 に衝撃が伝わるのを抑制することができる。これにより、振動発生部 1 3 は、外部からの衝撃に対して振動体 9 を安定的に振動させることができ、センサの検出感度、検出精度等を向上できると共に、信頼性を高めることができる。

【 0 0 6 3 】

また、衝撃減衰機構 3 を各枠体支持梁 4 および枠体 6 によって構成し、この枠体 6 を含めた全体質量部 7 の共振周波数 ω_0 を、前記数 1 の式に示す如く振動体 9 の共振周波数 ω_1 に対して $1/\sqrt{2}$ 倍以下の値に設定したので、基板 1 に衝撃が加わるときには、この衝撃を各枠体支持梁 4 と枠体 6 とによって振動体 9 の外側で減衰させることができ、特に振動体 9 の共振周波数 ω_1 と近い周波数をもつ衝撃波形に対して全体質量部 7 の振動を小さく抑制できると共に、このように振動体 9 に大きな影響を与える衝撃波形の減衰効率を高めることができる。

【 0 0 6 4 】

また、枠体 6 と基板 1 との間には、枠体 6 または枠体支持梁 4 の延設部 4 A によって基板 1 との間で気体を圧縮する緩衝用隙間部 5 を設けたので、枠体 6 が衝撃によって X 軸方向に振動するときには、各緩衝用隙間部 5 内の気体をダンパとして全体質量部 7 の振動に適切な減衰係数 C を与えることができ、例えば枠体支持梁 4、緩衝用隙間部 5 の寸法、形状等を変更することによって減衰係数 C を容易に調整できると共に、衝撃の減衰効率をより高めることができる。

【 0 0 6 5 】

次に、図 5 および図 6 は本発明による第 2 の実施の形態を示し、本実施の形態の特徴は、角速度センサに対して振動方向と検出方向の両方向に加わる衝撃を減

衰する構成としたことにある。なお、本実施の形態では前記第 1 の実施の形態と同一の構成要素に同一の符号を付し、その説明を省略するものとする。

【 0 0 6 6 】

2 1 は角速度センサの本体をなす矩形状の基板、2 2 は該基板 2 1 上に固定的に設けられた四角形状の支持部で、該支持部 2 2 は、図 5、図 6 に示す如く、基板 2 1 と共に前記第 1 の実施の形態とほぼ同様に構成されている。

【 0 0 6 7 】

2 3 は支持部 2 2 と後述の振動体 3 0 との間に設けられた衝撃減衰機構で、該衝撃減衰機構 2 3 は、後述の杵体支持梁 2 4、2 4、…と、杵体 2 7 とからなり、第 1 の実施の形態とほぼ同様に構成されている。しかし、本実施の形態による衝撃減衰機構 2 3 は、後述の如く振動体 3 0 の振動方向と検出方向となる X 軸と Y 軸の両方向に対して衝撃を減衰するように構成されている。

【 0 0 6 8 】

2 4、2 4、…は支持部 2 2 と杵体 2 7 との間に設けられた杵体支持梁で、該各杵体支持梁 2 4 は、L 字状に屈曲した長尺な板状体として形成され、杵体 2 7 の 4 箇所の角隅側に配置されている。また、杵体支持梁 2 4 は、図 5 中の X 軸方向に延設された第 1 の延設部 2 4 A と、該第 1 の延設部 2 4 A の先端側に設けられ、Y 軸方向に例えば 2 個延設された第 2 の延設部 2 4 B、2 4 B と、該各延設部 2 4 B を折返した状態で接続する接続部 2 4 C とを含んで構成されている。

【 0 0 6 9 】

そして、延設部 2 4 A は、支持部 2 2 と杵体 2 7 との間に位置してダンパ機能をもった Y 軸方向の微小な緩衝用隙間部 2 5、2 5 を形成し、延設部 2 4 B もほぼ同様に、X 軸方向の微小な緩衝用隙間部 2 6、2 6、…を形成している。

【 0 0 7 0 】

2 7 は基板 2 1 と振動体 3 0 との間に設けられた杵体で、該杵体 2 7 は、後述の振動体支持梁 2 9、2 9、…と振動体 3 0 とを取囲んで四角形状に延設され、各杵体支持梁 2 4 によって基板 2 1 から離間した状態で X 軸方向および Y 軸方向に変位可能に支持されている。

【 0 0 7 1 】

ここで、枠体 2 7、各振動体支持梁 2 9 および振動体 3 0 は、各枠体支持梁 2 4 によって X 軸方向および Y 軸方向に振動可能に支持された全体質量部 2 8 を構成し、該全体質量部 2 8 の全体共振周波数 ω_2 は、第 1 の実施の形態と同様の理由により、振動体 3 0 の共振周波数 ω_3 に対して下記数 6 の式に示す関係となるように予め設定されている。

【 0 0 7 2 】

【数 6】

$$\omega_2 \leq \frac{\omega_3}{\sqrt{2}}$$

【 0 0 7 3 】

2 9, 2 9, …は枠体 2 7 と振動体 3 0 との間に設けられた振動体支持梁で、該各振動体支持梁 2 9 は、図 5 中の X 軸方向および Y 軸方向に延びた細長い板状体として形成され、Y 軸方向に対して振動体 9 を挟んで前、後両側に 2 個ずつ合計 4 個配置されている。

【 0 0 7 4 】

3 0 は基板 2 1 上に設けられた略 H 字状の振動体で、該振動体 3 0 は、例えば単結晶または多結晶をなす低抵抗なシリコン材料等にエッチング加工等の微細加工を施すことによって、支持部 2 2、支持梁 2 4、2 9、枠体 2 7 および後述の固定部 3 1、3 5、電極 3 2、3 3、3 6、3 7 と同時に形成されている。

【 0 0 7 5 】

また、振動体 3 0 は、各振動体支持梁 2 9 によって基板 1 から離間した状態で X 軸方向および Y 軸方向に変位可能に支持され、予め定められた振動体共振周波数 ω_3 を有している。そして、振動体 3 0 は、後述の振動発生部 3 4 によって駆動されることにより、枠体 2 7 内で X 軸方向に振動し、X 軸方向を振動方向として共振周波数 ω_3 を保持した共振状態となる。

【 0 0 7 6 】

3 1, 3 1 は基板 2 1 上に固定的に設けられた 2 個の振動用固定部、3 2, 3 2 は該各振動用固定部 3 1 に設けられた固定側振動電極で、該各固定側振動電極

3 2 は、後述の可動側振動電極 3 3 に向けて突出した複数の電極板 3 2 A, 3 2 A, …を含んで構成されている。

【 0 0 7 7 】

3 3 は振動体 3 0 の左、右両側に設けられた可動側振動電極で、該各可動側振動電極 3 3 は、固定側振動電極 3 2 の各電極板 3 2 A と噛合するように交互に配置された複数の電極板 3 3 A, 3 3 A, …を有し、これらの各電極板 3 2 A, 3 3 A 間には Y 軸方向の微小隙間が形成されている。

【 0 0 7 8 】

3 4, 3 4 は振動発生手段としての左、右の振動発生部で、該各振動発生部 3 4 は、第 1 の実施の形態とほぼ同様に、固定側振動電極 3 2 と可動側振動電極 3 3 とから構成され、振動体 3 0 を共振周波数 ω_3 で X 軸方向に振動させる。

【 0 0 7 9 】

3 5, 3 5 は基板 2 1 上に固定的に設けられた 2 個の検出用固定部、3 6, 3 6 は該各検出用固定部 3 5 に設けられた固定側検出電極で、該各固定側検出電極 3 6 は、後述の可動側検出電極 3 7 に向けて突出した複数の電極板 3 6 A, 3 6 A, …を有している。

【 0 0 8 0 】

3 7, 3 7 は振動体 3 0 に設けられた可動側検出電極で、該各可動側検出電極 3 7 は、固定側検出電極 3 6 の各電極板 3 6 A と噛合するように交互に配置された複数の電極板 3 7 A, 3 7 A, …を有し、これらの各電極板 3 6 A, 3 7 A 間には Y 軸方向の微小隙間が形成されている。

【 0 0 8 1 】

3 8, 3 8 は角速度検出手段としての角速度検出部で、該各角速度検出部 3 8 は、固定側検出電極 3 6 と可動側検出電極 3 7 とからなり、これらの各電極板 3 6 A, 3 7 A はそれぞれ平行平板コンデンサを構成している。そして、角速度検出部 3 8 は、Y 軸方向を検出方向として、振動体 3 0 が Y 軸方向に変位するときの変位量を固定側検出電極 3 6 と可動側検出電極 3 7 との間で静電容量の変化として検出し、Z 軸周りの角速度 Ω に応じた検出信号を出力する。

【 0 0 8 2 】

これにより、本実施の形態では、振動体 3 0 が各振動発生部 3 4 により駆動されて X 軸方向に振動し、この状態で角速度センサに Z 軸周りの角速度 Ω が加わると、振動体 3 0 はコリオリ力により角速度 Ω に応じた変位量をもって Y 軸方向に変位する。そして、振動体 3 0 の変位量は、角速度検出部 3 8 により静電容量の変化として検出され、Z 軸周りの角速度 Ω に応じた検出信号が出力される。

【 0 0 8 3 】

また、基板 2 1 に X 軸方向または Y 軸方向の衝撃が加わったときには、これら両方向の衝撃が衝撃減衰機構 2 3 によって効率よく減衰され、振動体 3 0 に伝わる衝撃が抑制される。

【 0 0 8 4 】

かくして、このように構成される本実施の形態でも、前記第 1 の実施の形態とほぼ同様の作用効果を得ることができる。そして、特に本実施の形態では、衝撃減衰機構 2 3 が振動体 3 0 の振動方向と検出方向の両方向に対して衝撃を減衰する構成としたので、振動体 3 0 を X 軸方向の衝撃に対してほぼ一定の振動状態に保持できると共に、振動体 3 0 が Y 軸方向の衝撃によって検出方向に変位するのを防止でき、検出精度、信頼性等をより向上させることができる。

【 0 0 8 5 】

また、振動体 3 0 の振動方向、検出方向を X 軸方向、Y 軸方向として基板 2 1 と平行に配置する構成としたので、角速度センサを Z 軸方向に対して小型化できると共に、振動方向と検出方向の両方向に対して衝撃を減衰する衝撃減衰機構 2 3 を容易に形成することができる。

【 0 0 8 6 】

なお、前記第 2 の実施の形態では、振動体 3 0 が X 軸方向に振動しつつ角速度に応じて Y 軸方向に変位し、衝撃減衰機構 2 3 は、基板 2 1 に加わる X 軸方向と Y 軸方向の両方向の衝撃を減衰する構成としたが、本発明はこれに限らず、衝撃減衰機構は、基板 2 1 に加わる X 軸方向と Y 軸方向のうちいずれか一方の衝撃を減衰する構成としてもよい。

【 0 0 8 7 】

また、前記第 1 の実施の形態では、1 種類の振動体支持梁 8, 2 9 によって単

一の振動体 9, 30 を X 軸方向と Z 軸方向（または Y 軸方向）の 2 方向に変位可能に支持する構成としたが、本発明はこれに限らず、基板上に第 1 の振動体支持梁を介して第 1 の振動体を X 軸方向に変位可能に設け、この第 1 の振動体には第 2 の振動体支持梁を介して第 2 の振動体を Y 軸方向に変位可能に設け、第 1, 第 2 の振動体を X 軸方向へと一緒に振動させた状態で第 2 の振動体だけが角速度に応じて Y 軸方向に変位する構成としてもよい。

【0088】

【発明の効果】

以上詳述した通り、請求項 1 の発明によれば、振動方向と検出方向のうち少なくとも 1 つの方向に沿った衝撃が基板から振動体に伝わるのを減衰する衝撃減衰機構を設ける構成としたので、振動方向または検出方向の衝撃が基板に加わる時には、この衝撃を衝撃減衰機構によって確実に減衰でき、振動体に衝撃が伝わるのを抑制することができる。これにより、振動体は、外部からの衝撃に対して安定的に振動しつつ、センサに加わる角速度に応じて円滑に変位することができる。従って、センサの検出感度、検出精度等を向上でき、信頼性を高めることができる。

【0089】

また、請求項 2 の発明によれば、衝撃減衰機構を枠体支持梁と枠体とによって構成し、振動体を枠体内で振動体支持梁によって振動方向と検出方向の両方向に変位可能に支持する構成としたので、外部からの衝撃が基板に加わる時には、この衝撃を枠体支持梁と枠体とによって振動体の外側で減衰でき、この衝撃が振動体に伝わるのを抑制できると共に、振動体は枠体内で振動しつつ角速度に応じて変位することができる。

【0090】

また、請求項 3 の発明によれば、振動体、振動体支持梁および枠体全体での全体共振周波数は、振動体共振周波数に対して $1/\sqrt{2}$ 倍以下の値に設定する構成としたので、振動体共振周波数と近い周波数をもつ衝撃波形に対して振動体、振動体支持梁および枠体全体の振動を小さく抑制でき、この衝撃が振動体に伝わるのを減衰できると共に、振動体に大きな影響を与える衝撃波形の減衰効率を高め

ることができる。

【 0 0 9 1 】

さらに、請求項 4 の発明によれば、基板の支持部と枠体との間には枠体の変位するときに気体を圧縮する緩衝用隙間部を設ける構成としたので、枠体が衝撃によって振動するときには、各緩衝用隙間部内の気体をダンパとして振動を適切に減衰でき、例えば緩衝用隙間部の寸法、形状等を変更することによって減衰係数を容易に調整できると共に、衝撃の減衰効率をより高めることができる。

【 0 0 9 2 】

また、請求項 5 の発明によれば、振動体は基板に平行な振動方向と基板に垂直な検出方向とを有し、衝撃減衰機構は振動方向に対して基板から振動体に衝撃が伝わるのを減衰する構成としたので、振動体を基板と平行な平面上で振動させつつ、この平面に垂直な検出方向へと角速度に応じて変位させることができ、衝撃減衰機構は振動方向の衝撃を減衰することができる。

【 0 0 9 3 】

また、請求項 6 の発明によれば、振動体の振動方向と検出方向とを基板と平行に配置し、衝撃減衰機構は振動方向と検出方向のうち少なくとも一方向に対して衝撃を減衰する構成としたので、振動体を振動方向の衝撃に対してほぼ一定の振動状態に保持できると共に、振動体が衝撃によって検出方向に変位するのを防止でき、検出精度、信頼性等をより向上させることができる。また、振動方向と検出方向とを基板と平行に配置することにより、これらの両方向に対して衝撃を減衰する衝撃減衰機構を容易に形成することができる。

【 0 0 9 4 】

さらに、請求項 7 の発明によれば、振動体、振動体支持梁および衝撃減衰機構は単結晶または多結晶のシリコン材料によって構成したので、例えば単結晶または多結晶のシリコン材料にエッチング処理等の微細加工を施すことにより、振動体、振動体支持梁および衝撃減衰機構を同時に効率よく形成することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の第 1 の実施の形態による角速度センサを示す平面図である。

【図2】

図1中の矢示II-II方向からみた角速度センサの縦断面図である。

【図3】

基板と全体質量部の力学的モデルを示す説明図である。

【図4】

衝撃波形の周波数に対応する周波数比率と全体質量部の振幅に対応する振幅比率との間の関係を示す特性線図である。

【図5】

本発明の第2の実施の形態による角速度センサを示す平面図である。

【図6】

図5中の矢示VI-VI方向からみた角速度センサの縦断面図である。

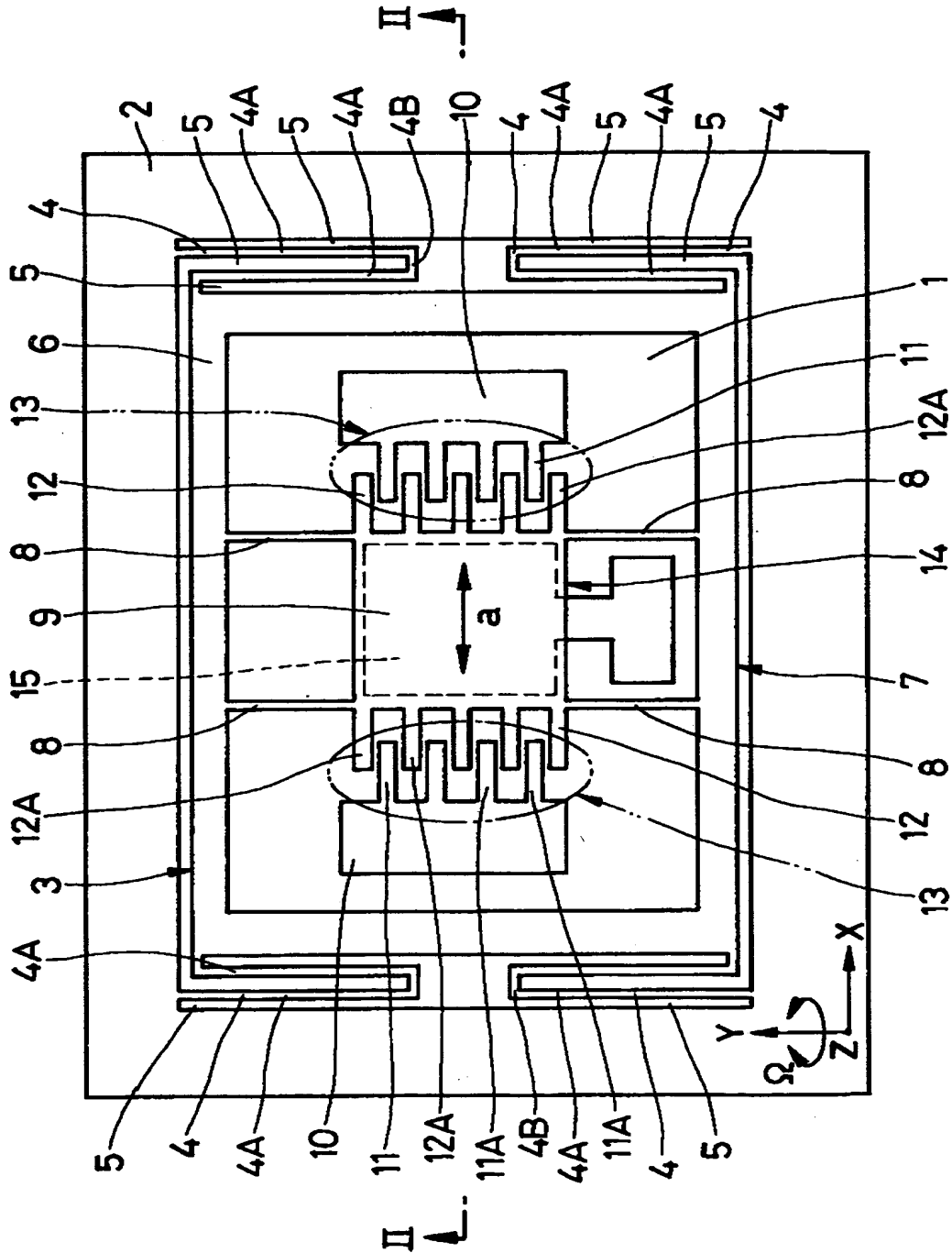
【符号の説明】

- 1, 21 基板
- 2, 22 支持部
- 3, 23 衝撃減衰機構
- 4, 24 枠体支持梁
- 5, 25, 26 緩衝用隙間部
- 6, 27 枠体
- 7, 28 全体質量部
- 8, 29 振動体支持梁
- 9, 30 振動体
- 11, 32 固定側振動電極
- 12, 33 可動側振動電極
- 13, 34 振動発生部（振動発生手段）
- 14, 38 角速度検出部（角速度検出手段）
- 15, 36 固定側検出電極
- 37 可動側検出電極

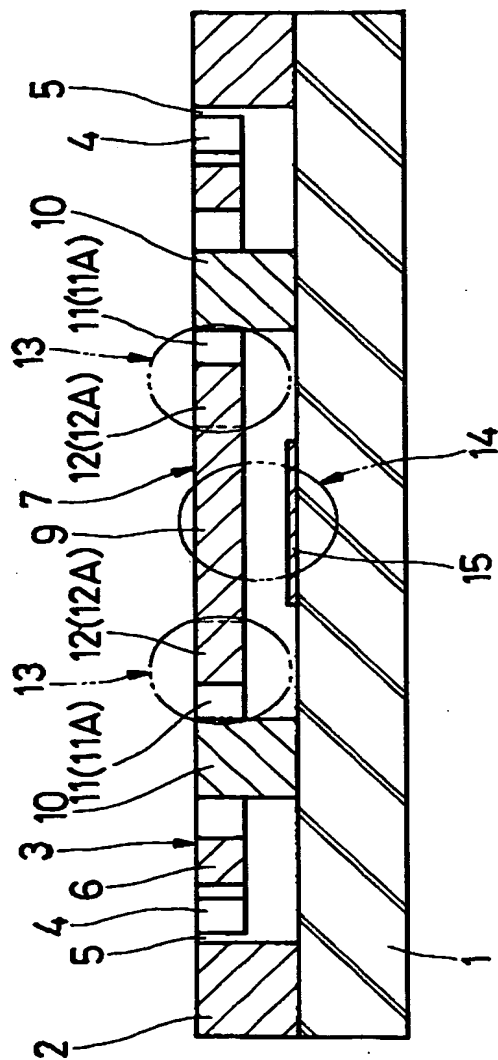
【書類名】

図面

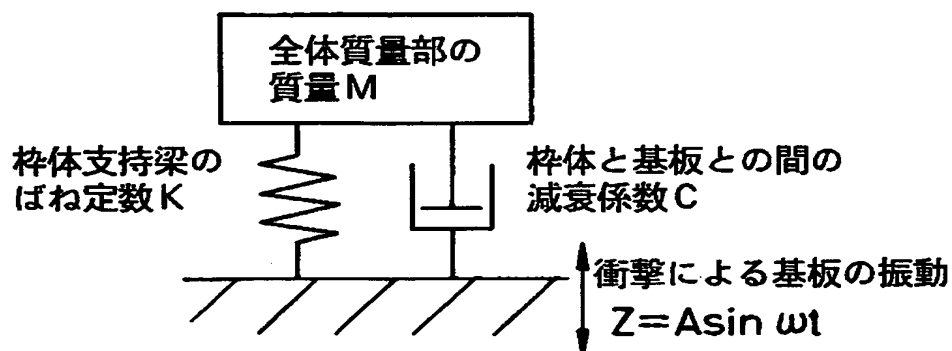
【図1】



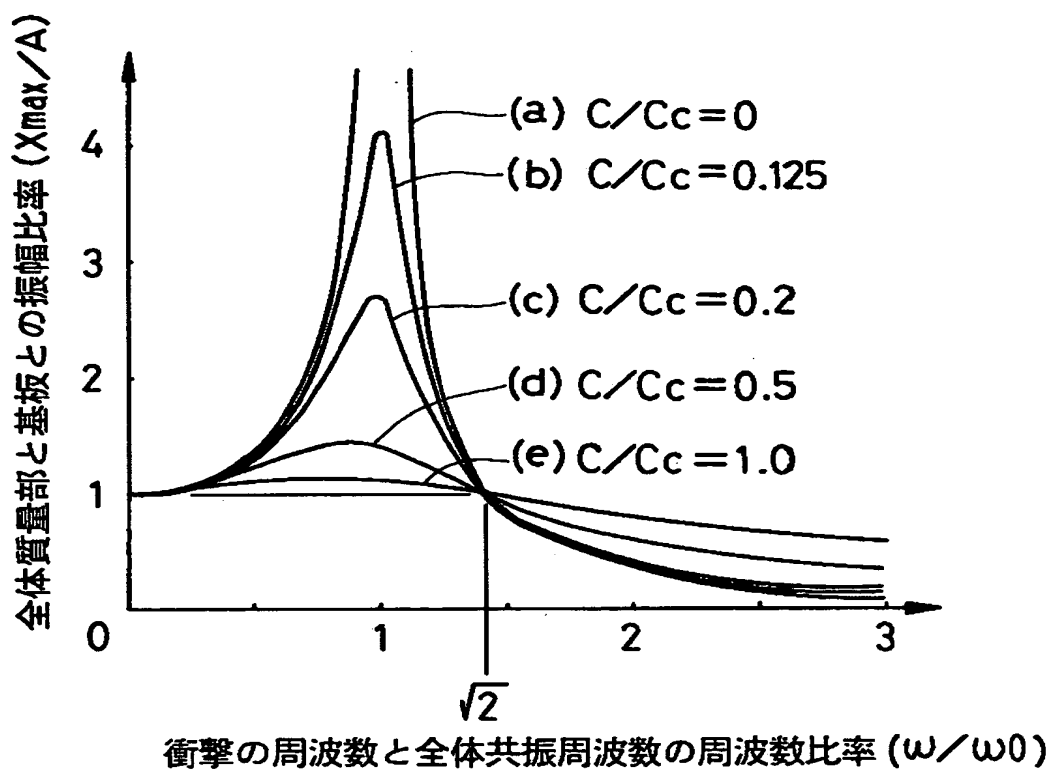
【図2】



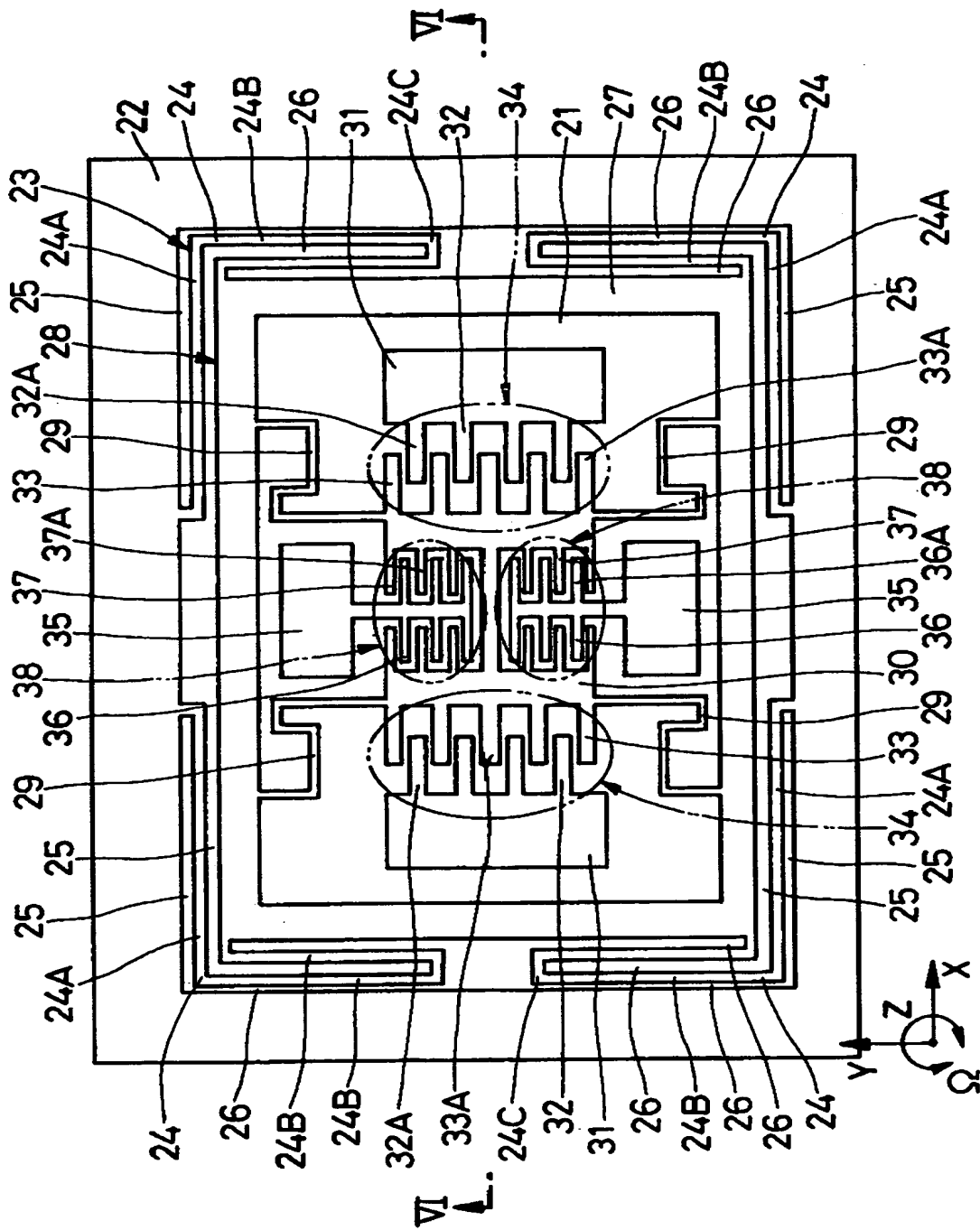
【図 3】



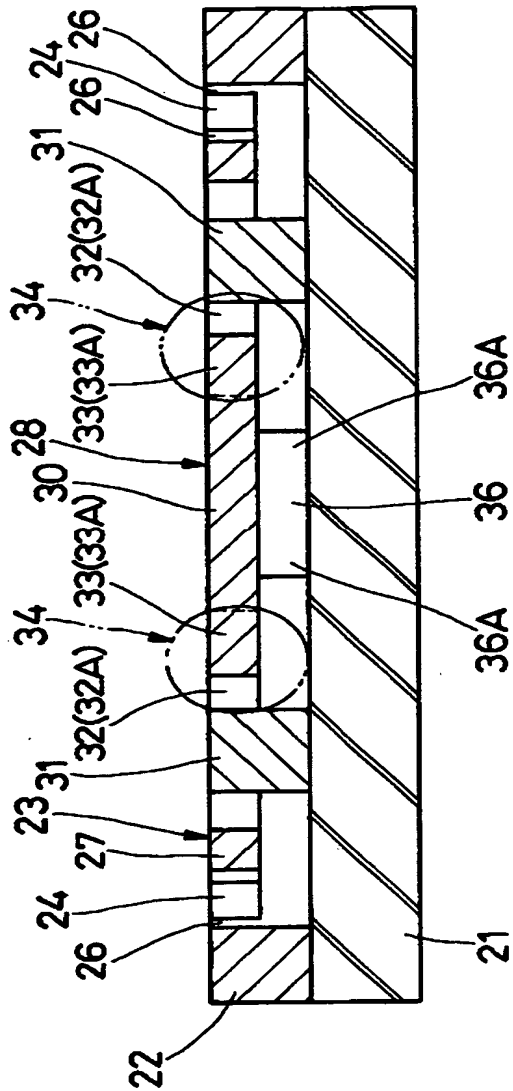
【図 4】



【図 5】



【図 6】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 基板と振動体との間に外部からの衝撃を減衰する衝撃減衰部を設けることにより、検出精度と信頼性を向上させる。

【解決手段】 基板 1 上の支持部 2 により衝撃減衰機構 3 の各棒体支持梁 4 を介して棒体 6 を X 軸方向に変位可能に支持し、棒体 6 内には各振動体支持梁 8 を介して振動体 9 を X 軸方向および Z 方向に変位可能に設ける。そして、振動体 9 を振動発生部 1 3 によって X 軸方向に振動させつつ、Y 軸周りの角速度に応じて Z 軸方向に変位させ、この変位量を角速度検出部 1 4 により角速度として検出する。また、基板 1 に X 軸方向の衝撃が加わったときには、この衝撃を衝撃減衰機構 3 の各棒体支持梁 4 と棒体 6 とによって減衰させる。これにより、振動体 9 の振動状態を安定化でき、検出精度と信頼性を向上させることができる。

【選択図】 図 1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2000-007095
受付番号	50000032565
書類名	特許願
担当官	第一担当上席 0090
作成日	平成12年 1月17日

<認定情報・付加情報>

【提出日】	平成12年 1月14日
-------	-------------

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000006231]

1. 変更年月日	1990年 8月28日
[変更理由]	新規登録
住 所	京都府長岡京市天神二丁目26番10号
氏 名	株式会社村田製作所